



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 41 36 416.3  
22 Anmeldetag: 5. 11. 91  
43 Offenlegungstag: 6. 5. 93

71 Anmelder:  
Oscar Goßler KG (GmbH & Co), 2057 Reinbek, DE

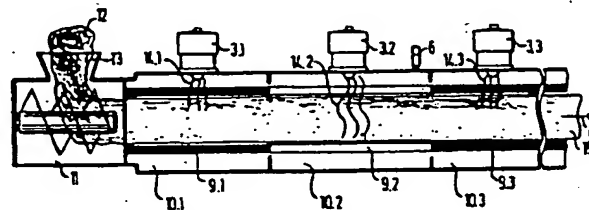
74 Vertreter:  
Mitscherlich, H., Dipl.-Ing.; Körber, W., Dipl.-Ing.  
Dr.rer.nat.; Schmidt-Evers, J., Dipl.-Ing.; Melzer, W.,  
Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

72 Erfinder:  
Warmbier, Bernd, 2725 Hemslingen, DE; Riedel,  
Hartmut, 4995 Stemwede, DE; Lautenschläger,  
Werner, 7970 Leutkirch, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Vorrichtung zur Mikrowellen-Bestrahlung von Materialien

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Mikrowellen-Bestrahlung von Materialien, insbesondere der Ausgangsstoffe für keramische Materialien, Legierungen usw., mit einer Förderstrecke, die zumindest streckenweise durch eine Rinnen- oder Rohranordnung definiert ist, deren Wandung ein bestimmtes Mikrowellen-Absorptionsvermögen aufweist, mit einem die Wandung zumindest streckenweise umgebenden Resonator sowie wenigstens einem Generator zum Erzeugen der Mikrowellen-Strahlung. Um die Erwärmung und die Strahlenbelastung mikrowellenbehandelter Materialien unabhängig voneinander einstellen zu können, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß die Wandung der Rinnen- oder Rohranordnung (1; 9.1-9.3) über ihre Länge unterschiedliche Mikrowellen-Absorptionseigenschaften aufweist.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Mikrowellen-Bestrahlung von Materialien nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der DE-OS 32 24 114 ist eine derartige Vorrichtung bekannt, die zum Erwärmen von Flüssigkeiten und insbesondere zum Cracken von Altöl dient, das durch Rohrleitungen einschließlich eines Crackrohres aus Oxydkeramik oder aus ähnlichen, unpolaren Stoffen strömt und durch Mikrowellen-Bestrahlung bis zu Temperaturen von etwa 700°C erwärmt und dabei fraktioniert wird. Zur Erzeugung der Mikrowellen-Strahlung ist eine Anzahl von sogenannten Kraftpaketen längs des Crackrohres angeordnet.

Diese bekannte Vorrichtung ist insofern nachteilig, als ihre Einsatzmöglichkeiten sich auf die Erwärmung von polaren Flüssigkeiten durch direkte Bestrahlung derselben mit den Mikrowellen beschränken und eine Änderung der Erwärmung der Flüssigkeit ohne entsprechende Änderung ihrer Strahlungsbelastung nicht durchgeführt werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Erwärmung und die Strahlungsbelastung mikrowellenbehandelter Materialien unabhängig voneinander einstellen zu können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Es ist somit möglich, jedes gewünschte Verhältnis des von der Wandung absorbierten, zur Erwärmung derselben und damit zur indirekten Erwärmung der Materialien dienenden Anteils der Mikrowellenstrahlung und des verbleibenden, die Wandung durchdringenden und in die Materialien eintretenden Anteils längs der Förderstrecke einzustellen. Damit stehen zwei Parameter zur Verfügung, die in Verbindung mit einem dritten Parameter durch entsprechende gegenseitige Abstimmung die gezielte Einstellung der Erwärmung und der Strahlungsbelastung von mikrowellenbehandelten Materialien unabhängig voneinander ermöglichen. Der dritte Parameter ist die veränderbare Strahlungsleistung der vom jeweiligen Generator erzeugten Mikrowellen. So ist es etwa möglich, sowohl polare als auch unpolare Materialien durch Erhöhung der Strahlungsleistung sowie der Mikrowellenabsorption durch die Wandung stärker zu erwärmen und durch entsprechende Abstimmung dieser bei den Parameter zu erreichen, daß die Wandung entsprechend der Anhebung der Strahlungsleistung, d. h. in dem Maße stärker absorbiert, daß als weiterer Parameter der durch sie hindurchtretende Strahlungsanteil und damit die Strahlungsbelastung des Materials unverändert bleiben. In entsprechender Weise kann die Strahlungsbelastung bei Aufrechterhaltung einer konstanten Temperatur verändert werden. Es ist selbstverständlich auch möglich, die Erwärmung und die Strahlungsbelastung gleichzeitig in gezielter Weise zu verändern.

Die Mikrowellen-Absorptionseigenschaften der Wandung sind sowohl durch Wahl des durch die stoffliche Zusammensetzung der Wandung bestimmten Mikrowellen-Absorptionsvermögens als auch im Fall einer mikrowellenabsorbierenden Wandung durch deren Dicke veränderbar.

Die Möglichkeit der gezielten Veränderung des Verhältnisses der Erwärmung zur Strahlungsbelastung ist insofern vorteilhaft, als nach neuesten Erkenntnissen Strukturveränderungen von Materialien durch Mikrowellen-Bestrahlung hervorgerufen werden und somit

durch entsprechende Wahl des genannten Verhältnisses der Erwärmung zur Strahlungsbelastung chemische Vorgänge optimiert und insbesondere Materialien hinsichtlich ihrer Molekular- und/oder Kristallstruktur verändert werden können.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich deshalb auch vorzüglich zur Herstellung von Isolatoren, Halbleitern, Cermets, Supraleitern und anderen Bauteilen, deren Eigenschaften durch Änderung ihrer Kristallstruktur beeinflusst werden können. Beispielsweise ist es durch Verwendung von mikrowellendurchlässigen Wandungen möglich, die Struktur unpolarer Materialien ohne und diejenige polarer Materialien mit gleichzeitiger Erwärmung zu verändern, während eine Wandung mit entsprechend hohem Mikrowellen-Absorptionsvermögen und ggfs. entsprechend großer Wandungsdicke eine Erwärmung sowohl polarer als auch unpolarer Materialien ohne Strukturveränderungen ermöglicht. Strukturveränderungen bei gleichzeitiger Erwärmung können im genau abgestimmten Verhältnis bei Verwendung entsprechend mikrowellenteildurchlässiger bzw. -teilabsorbierender Wandungen und ggfs. entsprechender Wandungsdicken mittels Mikrowellen entsprechender Strahlungsleistung an polaren und unpolaren Materialien durchgeführt werden.

Für den Fall, daß unpolare Materialien zu erwärmen und beispielsweise gleichzeitig mit höchster Intensität mit Mikrowellen zu bestrahlen sind und deshalb eine völlig mikrowellendurchlässige Wandung verwendet wird, ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung eine der Förderstrecke vorgeschaltete Einrichtung vorgesehen, mittels der den Materialien Zusatzmaterialien mit hohem Mikrowellen-Absorptionsvermögen hinzugefügt werden können, um eine direkte Erwärmung derselben zu erreichen. Falls eine Trennung möglich ist, können diese Zusatzmaterialien nach beendeter Mikrowellenbestrahlung entfernt werden.

Nachstehend ist die Erfindung anhand zweier Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung einer chemischen Umsetzung eines Materials, und

Fig. 2 eine schematische Darstellung des zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Herstellen von keramischen Bauteilen.

Die Vorrichtung gemäß Fig. 1 umfaßt eine durch ein Rohr 1 definierte Förderstrecke, eine im Rohr drehbar gelagerte, durch einen nicht gezeigten Antrieb drehbare Transportschnecke 2, mehrere, beispielsweise drei Generatoren 3.1, 3.2 und 3.3 von herkömmlicher Bauweise und regelbarer Leistung zur Erzeugung von Mikrowellen-Strahlen 4.1, 4.2 und 4.3 sowie einen Resonator 5 von ebenfalls herkömmlicher Bauweise, der als eine das Rohr 1 streckenweise umgebende Metallkammer ausgebildet ist und dazu dient, die Intensität und Dichte der von den Generatoren 3.1—3.3 erzeugten und durch nicht gezeigte Hohlleiter eingespeisten Mikrowellen 4.1—4.3 zu erhöhen sowie einen Austritt derselben nach außen zu verhindern. Die Vorrichtung umfaßt weiterhin Sensoren zur Steuerung des Verfahrens, wie beispielsweise Temperatursensoren 6 (von denen nur einer dargestellt ist) zum Messen der Temperatur des Rohres 1.

Das Rohr 1 besteht insgesamt aus Keramik mit einem Zusatz aus einer elektrisch und/oder magnetisch leitfähigen Substanz (z. B. C, SiC, Metall usw.), deren %-Anteil sich derart ändert, daß das Rohr ein Mikrowellen-

Absorptionsvermögen aufweist, welches sich über seine Länge graduell ändert: die den beiden Endbereichen des Resonators 5 zugeordneten, durch weite Schraffur gekennzeichneten Rohrabschnitte sind nahezu völlig mikrowellendurchlässig, während der dem mittleren Bereich zugeordnete Rohrabschnitt mit enger Schraffur Mikrowellen absorbiert. Zur Erhöhung der Mikrowellenabsorption kann der mittlere Rohrabschnitt ggfs. eine größere Wandungsdicke als die benachbarten Rohrabschnitte aufweisen.

Die Vorrichtung nach Fig. 1 kann zur Durchführung eines chemischen Vorganges mit gezielter Umsetzung eines z. B. polaren Materials 7 eingesetzt werden, das beispielsweise in den drei aufeinanderfolgenden Rohrabschnitten bei konstanter Strahlungsbelastung auf unterschiedliche Temperaturen erwärmt werden soll. Das Material 7 wird als Granulat in nicht gezeigter Weise dem Rohr 1 zugeführt und mittels der sich drehenden Transportschnecke 2 in Transportrichtung 8 durch die Rohrabschnitte im Bereich des Resonators 5 transportiert. Dabei gelangt es zunächst in den Rohrabschnitt im linken Bereich (in Fig. 1) des Resonators 5 und wird dort durch die vom Generator 3.1 erzeugten und nahezu vollständig durch die Rohrwandung hindurchtretenden Mikrowellen-Strahlung 4.1 direkt erwärmt, bis seine Schmelztemperatur erreicht ist. Dabei ist das Material 7 einer der Leistung der Mikrowellen-Strahlung 4.1 entsprechenden Strahlungsbelastung ausgesetzt. Im folgenden, im mittleren Bereich des Resonators 5 befindlichen Rohrabschnitt erfolgt eine weitere Erwärmung des Materials 7 mittels der mit entsprechend höherer Leistung im Vergleich zum Generator 3.1 vom Generator 3.2 erzeugten Mikrowellen-Strahlung 4.2. Die Rohrwandung weist ein derart auf diese höhere Strahlungsleistung abgestimmtes Mikrowellen-Absorptionsvermögen (ggfs. auch Wandungsdicke) auf, daß sie den gleichen Strahlungsanteil wie die Rohrwandung im vorhergehenden Rohrabschnitt durchtreten läßt und somit die gleiche Strahlungsbelastung und die gleiche direkte Erwärmung des Materials 7 hervorruft. Der verbleibende, von der Rohrwandung absorbierte und diese erhaltende Strahlungsanteil verursacht die weitere Erwärmung des Materials 7 bis zu der für dessen Umsetzung erforderlichen Temperatur. Nach beendeter Umsetzung gelangt das Material 7 in den nachfolgenden, dritten Rohrabschnitt. Da die Mikrowellen-Absorptionseigenschaften der Wandung dieses Rohrabschnitts und die Leistung des zugeordneten Generators 3.3 die gleichen wie im ersten, dem Generator 3.1 zugeordneten Rohrabschnitt sind, kühlt sich das Material 7 in diesem dritten Rohrabschnitt bei gleicher Strahlungsbelastung bis zum Erreichen der Schmelztemperatur ab. Eine gleichmäßigere Erwärmung des Materials 7 kann durch Verwendung einer aus einer mikrowellen-absorbierenden Substanz bestehenden Förderschnecke 2 erzielt werden.

Die Vorrichtung nach Fig. 2 unterscheidet sich von derjenigen nach Fig. 1 durch Verwendung eines Rohres, das aus mehreren (z. B. drei) getrennten Rohrabschnitten 9.1, 9.2 und 9.3 zusammengesetzt ist, eines Resonators, der ebenfalls aus mehreren Abschnitten 10.1 bis 10.3 besteht und eines dem Rohr 9.1 bis 9.3 vorgeschalteten, herkömmlichen Extruders 11 (nur angedeutet) anstelle der im Rohr befindlichen Transportschnecke. Jedem Rohrabschnitt 9.1—9.3 und jedem Resonatorabschnitt 3.3 ist je einer der Generatoren 3.1 bis 3.3 nach Fig. 1 zugeordnet.

Die Rohrwandung des mittleren Rohrabschnitts 9.2 besteht aus völlig mikrowellendurchlässiger Keramik,

während die beiden benachbarten Rohrabschnitte 9.1 und 9.3 durch Zusatz von beispielsweise Kohlenstoff oder Siliciumcarbid (SiC) ein entsprechendes Mikrowellen-Absorptionsvermögen aufweisen. Ggfs. kann die Wandungsdicke und damit die Mikrowellenabsorption erhöht werden.

Die Vorrichtung nach Fig. 2 kann zur Herstellung von Bauteilen aus keramischen Materialien mit einer durch Mikrowellen-Bestrahlung bestimmter Leistung beeinflussten Kristallstruktur eingesetzt werden. Zu diesem Zweck wird ein bildsames Gemisch 12 der Ausgangsstoffe dieser keramischen Materialien durch eine Trichteröffnung 13 dem Extruder 11 zugeführt und durch dessen Förderschnecke durch das Rohr 9.1—9.3 in Transportrichtung 8 transportiert. Dabei gelangt das Gemisch 12 zunächst in den dem Extruder 11 benachbarten Rohrabschnitt 9.1 und wird dort durch die Rohrwandung, die durch den von ihr absorbierten Anteil der vom Generator 3.1 erzeugten Mikrowellen-Strahlung 14.1 erhitzt ist, auf eine Temperatur erwärmt, die oberhalb des Kristallisationspunktes des keramischen Materials liegt. Ein verbleibender, durch die Rohrwandung hindurchtretender Anteil der Mikrowellen-Strahlung 14.1 weist infolge entsprechender Einstellung des Generators 3.1 die gleiche, bestimmte und zur gewünschten Beeinflussung der Kristallstruktur erforderliche Leistung wie die gesamte, vom nachfolgenden Generator 3.2 erzeugte Mikrowellen-Strahlung 14.2 auf. Im anschließenden Rohrabschnitt 9.2 erfolgt eine Abkühlung des Gemischs 12 aufgrund seiner unpolaren Eigenschaft und damit seine Kristallisation. Diese wird durch die vom Generator 3.2 mit geringerer Leistung erzeugte, vollständig durch die mikrowellendurchlässige Rohrwandung hindurchtretende Mikrowellen-Strahlung 14.2 in der gewünschten Weise beeinflusst. Dabei ist die Strahlungsbelastung des Gemischs 12 die gleiche wie im vorhergehenden Rohrabschnitt 9.1. Im nachfolgenden Rohrabschnitt 9.3, der eine größere Länge als der erste Rohrabschnitt 9.1 aufweist, wird das Gemisch 12 mittels der vom Generator 3.3 erzeugten Mikrowellen-Strahlung 14.3 entsprechend höherer Leistung bis zur Brenntemperatur erwärmt und gebrannt. Die Erwärmung erfolgt indirekt durch die Rohrwandung, deren Mikrowellen-Absorptionsvermögen und ggfs. Wandungsdicke so eingestellt ist, daß der von ihr absorbierte Strahlungsanteil zur Erzielung der Brenntemperatur ausreicht und der verbleibende Strahlungsanteil die gleiche Strahlungsbelastung des Gemischs 12 wie in den beiden vorhergehenden Rohrabschnitten 9.1 und 9.2 hervorruft. Dementsprechend ist die Leistung des Generators 3.3 größer als diejenige des Generators 3.1, während der Generator 3.2 die kleinste, die Strahlungsbelastung des Gemischs 12 bestimmende Leistung aufweist. Die Leistungsüberschüsse der beiden Generatoren 3.1 und 3.3 dienen zur Erwärmung des Gemischs 12 bis zur jeweiligen Temperatur. Nach Abschluß des Brandes wird das fertiggestellte Keramikmaterial als Endlosstrang 15 aus dem freien Ende des Rohrabschnitts 9.3 ausgestoßen.

Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung können selbstverständlich auch Materialien anderer als der bisher beschriebenen Konsistenz, beispielsweise in flüssiger oder suspendierter Form mittels entsprechender Fördermittel, wie beispielsweise drehende Rohre, Förderbänder etc. behandelt werden. Die Mikrowellen können zwecks Beeinflussung der Struktur der Materialien auch gepulst werden.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Mikrowellen-Bestrahlung von Materialien, insbesondere der Ausgangsstoffe für keramische Materialien, Legierungen usw., mit einer Förderstrecke, die zumindest streckenweise durch eine Rinnen- oder Rohranordnung definiert ist, deren Wandung ein bestimmtes Mikrowellen-Absorptionsvermögen aufweist, mit einem die Wandung zumindest streckenweise umgebenden Resonator sowie wenigstens einem Generator zum Erzeugen der Mikrowellen-Strahlung, dadurch gekennzeichnet, daß die Wandung der Rinnen- oder Rohranordnung (1; 9.1—9.3) über ihre Länge unterschiedliche Mikrowellen-Absorptionseigenschaften aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks direkter Erwärmung von Materialien mit der Mikrowelle eine der Förderstrecke vorgeschaltete Einrichtung vorgesehen ist, mittels welcher den Materialien Zusatzmaterialien mit hohem Mikrowellen-Absorptionsvermögen hinzugefügt werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

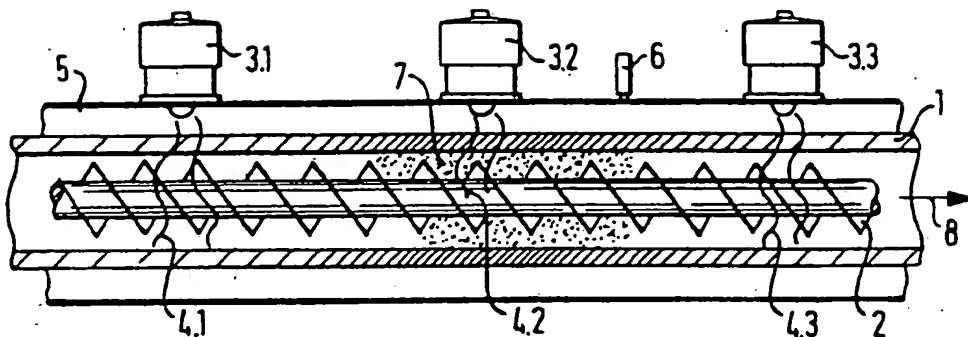


FIG. 2

